

Beitrag zur Analyse der Kieferschließbewegung

**Experimentelle Untersuchungen über die Bewegungs-
richtungen des Unterkiefers mit Benutzung der
retrudierten Kontaktposition**

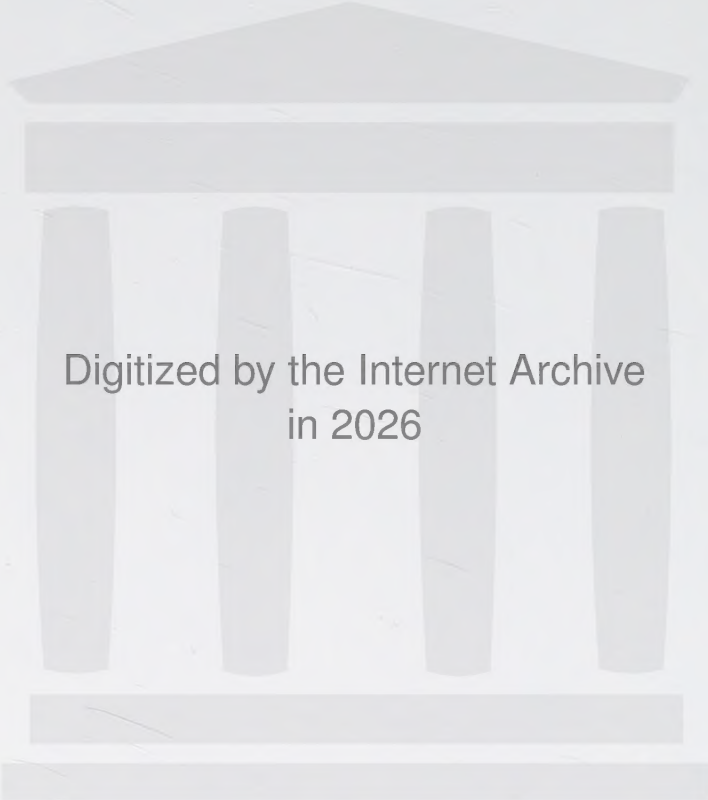
von

Bernd-Rudolf Adam

aus

Rastatt

1970 № 484



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Prothetischen Abteilung
(Vorstand: Prof. Dr. M. Hofmann)
der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkranke
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Prof. Dr. Dr. G. Steinhardt)

Beitrag zur Analyse der Kieferschließbewegung

Experimentelle Untersuchungen über die Bewegungs-
richtungen des Unterkiefers mit Benutzung der
retrudierten Kontaktposition

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Bernd-Rudolf Adam

aus

Rastatt

Gedruckt mit der Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr. W. Schiefer
Referent: Priv.-Doz. Dr. L. Kobes
Korreferent: Professor Dr. M. Hofmann

Tag der mündlichen Prüfung: 20. 10. 1970

Herrn Doz. Dr. L. K o b e s gilt
mein bester Dank für die Überlassung
des Themas und die vielen Anregungen
während der Fertigstellung der Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorbemerkung	1
A. Einleitung und Problemstellung	2
B. Relationsbestimmungen	3
a. Die Bestimmung der vertikalen Abstandshaltung des Unterkiefers in der dorsalen Kontaktposition	3
b. Die Bestimmung der sagittalen Posi- tion des Unterkiefers zum Oberkiefer in der dorsalen Kontaktposition	4
C. Diskussion bekannter Verfahren und Ergeb- nisse der Darstellung der Kieferrelationen	5
D. Eigene Untersuchungen	10
a. Durchführung der Versuche (Methodik und Material)	10
b. Die Registrierung der Bewegungsab- läufe des Unterkiefers	15
c. Die Auswertung der Ergebnisse	24
E. Ergebnisse	28
F. Diskussion der Ergebnisse	29
G. Zusammenfassung	31
H. Literaturverzeichnis	33

Vorbemerkung

Die Wiederherstellung physiologischer Verhältnisse innerhalb des Kauorgans hinsichtlich eines harmonischen Zusammenspiels aller daran beteiligten Komponenten ist eine der Hauptaufgaben der zahnärztlichen Prothetik.

A. Einleitung und Problemstellung

Aufgabe vorliegender Untersuchung war es, experimentell festzustellen, inwieweit innerhalb einer reproduzierbaren Kieferschließbewegung eine geometrisch faßbare Bewegungsfolge des Unterkiefers auftritt. Als reproduzierbare Kieferbewegung wird in der vorliegenden Arbeit die Bewegung in die retrudierte Kontaktposition angesehen.

Zur Darstellung dieser retrudierten Kontaktposition des Unterkiefers zum Oberkiefer wird der Unterkiefer manuell während der Öffnungs- und Schließbewegung retral forciert. Wenn der Unterkiefer diese Stellung einnimmt, läßt sich mit Hilfe geeigneter Gesichtsbögen eine Scharnierachse der Unterkieferbewegung festlegen, die reproduzierbar ist und nicht mit den äußeren Condylenpunkten identisch zu sein braucht. Es handelt sich dabei um eine Grenzposition des Unterkiefers, die in den meisten Fällen weiter dorsal als bei Zentralokklusion liegt. Die Darstellung der Scharnierachse (HINGE AXIS) dient zur reproduzierbaren Justierung individuell einstellbarer Artikulatoren, um alle möglichen Bewegungsfolgen des Unterkiefers mechanisch zu erfassen.

Auch im individuellen Artikulator erfolgen sämtliche Bewegungen immer um eine Achse, die lagemäßig veränderlich ist, aber während der durchgeführten Bewegung nicht verändert wird, soweit dies die reine Öffnungs- und Schließbewegung betrifft.

Die Bewegung des Unterkiefers um die Scharnierachse sind mithin orientierende Hilfsbewegungen, die üblicherweise nicht ausgeführt werden. Korrekturen an okklusalen Reliefs von Modellen, die unter Zuhilfenahme der Scharnierachse in den genannten individuellen Artikulator eingebracht sind, erfolgen jedoch unter Verwendung der jetzt festgelegten und vom Artikulator

wiedergegebenen Bewegungsrichtung immer um eine Achse, die verschieblich ist. Es hat sich aus diesen Gründen die Fragestellung ergeben, welche Bewegungsrichtung ein menschlicher Unterkiefer einnimmt, der Öffnungs- und Schließbewegungen ausführt, welche in der retrudierten Kontaktposition enden.

B. Relationsbestimmungen

(Stellung des Unterkiefers zum Oberkiefer in jeder Bewegungsphase)

Eine Relationsbestimmung im allgemeinen umfaßt die Registrierung und Darstellung der Bewegungsfolge des Unterkiefers zum Oberkiefer in jeder Bewegungsphase. Da es sich um eine dreidimensionale Bewegung handelt, können wir sie in eine vertikale, eine transversale und eine sagittale Bewegungskomponente unterteilen.

a. Die Bestimmung der vertikalen Abstandhaltung des Unterkiefers in der dorsalen Kontaktposition

Zur Bestimmung der vertikalen Abstandhaltung des Unterkiefers zum Oberkiefer können die Grundsätze der Proportionslehre und der Ästhetik nur bedingt herangezogen werden (MARXKORS 27). Die Bestimmung des Ruhetonus der Kaumuskulatur und der damit verbundenen Unterkieferhaltung (Ruheschwebelage), zu der vor allem phonetische Versuche herangezogen werden (SILVERMANN 33), hat nach den Untersuchungen von HUPFAUF (18) eine breite Streuung der metrischen Ergebnisse ergeben. Die eindeutige Rekon-

struktion beim Zahnlosen und Feststellung der vertikalen Abstandhaltung des Unterkiefers zum Oberkiefer in der Kontaktlage ist auch heute noch nicht mit aller Sicherheit möglich.

b. Die Bestimmung der sagittalen Position des Unterkiefers zum Oberkiefer in der dorsalen Kontaktposition

Wie der Unterkiefer eine maximale Protrusionsbewegung ausführen kann, die unter Umständen für ein Individuum bestimmbar sein kann, so läßt sich auch eine maximale Retrallage des Unterkiefers als zweite Grenze der Sagittalbewegung festlegen. Innerhalb beider Grenzen befinden sich nicht nur die zentrale Relation und die habituelle sagittale Kieferstellung bei Interdigitation der Zähne, sondern auch alle Arbeitskontakte in dieser Bewegungsrichtung.

Nachdem das Kiefergelenk ein transportables Gelenk mit mehreren Bewegungsmöglichkeiten darstellt, die bei zahnärztlichen prothetischen Rekonstruktionen erfaßbar sein müssen, muß die Möglichkeit bestehen, die Grenzbewegungen des Unterkiefers zu kopieren. Da die bisher verwendeten Artikulatoren auf geometrisch erfaßbaren Bewegungen aufbauen und diese wiedergeben, ist von erheblichem Interesse, ob in den Grenzpositionen des Unterkiefers solche erfaßbaren Bewegungen ausgeführt werden. Als reproduzierbare und überprüfbare Ausgangsposition wurde im Rahmen dieser Arbeit die retrudierte Kontaktposition gewählt und in Parenthese zur normalen Unterkieferbewegung gesetzt.

C. Diskussion bekannter Verfahren und Ergebnisse der Darstellung der Kieferrelationen

Von den vielen bisher bekannten Versuchen über den Bewegungsablauf des Unterkiefers sollen nur die mir am allerwichtigsten erscheinenden angegeben werden. Alle bekannten Versuche anzuführen, würde den Rahmen meiner Arbeit sprengen. Die Versuche über die Unterkieferbewegungen gingen zunächst von Amerika und Skandinavien aus, in den letzten zwölf Jahren jedoch hat sich die deutsche Forschung intensiver mit dem Problem beschäftigt, um endlich eine Aufhellung und Klärung, sowie praktische Anwendungsmöglichkeit für Prothetik, Kieferorthopädie und Kieferchirurgie zu schaffen. Von speziellem Interesse sind die Versuche über die Unterkieferbewegung von JUDSON C. HICKEY (11), MORGAN L. ALLISON (1), WOELFEL (38), CARL O. BOUCHER (5) und STACY (34), die in der wissenschaftlichen Arbeit "THE MOVEMENTS OF THE MANDIBLE IN THREE DIMENSIONS" zusammengefaßt sind. Sie führen aus, daß die Kenntnisse der Unterkieferbewegungen wesentlich sind für das Verständnis der Okklusion, die Behandlung überhaupt.

Kenntnisse der Unterkiefer- und Condylusbewegungen sind wesentlich für das Verständnis der Okklusion, die Behandlung von temporomandibulären Gelenkstörungen, die Wirkung der Okklusion auf den parodontalen Zustand und die Entwicklung der Zahnformen zur Herstellung von Prothesen. Die Unterkiefer- und Gelenkbewegung wurde auf verschiedene Weise untersucht. 1896 photographierte LUCE (26) die Sonnenreflektion von Perlen, die den Condylen gegenübergestellt wurden. WALKER (37) benutzte 1896 ein Gesichtscinometer, um die Condylusbewegungen zu messen. BENNETT (3) zeichnete im Jahre 1908 die Bahn einer Birne, die gegenüber dem Condylus angebracht war. HILDEBRAND (14)

berichtete über Condylusbewegungen durch Röntgenfluoroskopie. HIGLEY (13) und LOGAN (25) benutzen eine Reihe von cephalometrischen Röntgenaufnahmen, um die Lagen des Condylus zu beobachten. FRANK (8) machte stereoscopische Röntgenaufnahmen der Condylusbewegung. POSSELT (29) untersuchte die Condylusbewegung durch Profil-Röntgenaufnahmen. LINDBLOM (23), BERRY (4) und HOFFMAN (16) berichteten über Untersuchungen der Condylustätigkeit mit Hilfe kineradiographischer Methoden, ZOLA (40) und ROTH-SCHILD (31) verfolgten die Unterkieferbewegungen mit einem Condylus-Thesiographen.

Nach deren Meinung mußte man Aufschluß über die zusammenhängende Funktion der Condylen und der Zähne mit Hilfe dreidimensionaler Filmaufnahmen erhalten können, und sie erdachten eine direkte Methode zur Erforschung der Condylustätigkeit. Die Bewegung einer direkt in den Condylus eingeführten Nadel wurde beobachtet und mit der Bewegung einer am unteren Schneidezahn befestigten Nadel verglichen. Die Tätigkeit beider Nadeln wurde in der horizontalen, sagittalen und frontalen Ebene mit drei gleichzeitig laufenden Filmkameras aufgezeichnet, und der Film wurde anhand einer Einzelbild-Projektion ausgewertet.

Die Bahn des Unterkiefers hing streckenweise von den schiefen Ebenen der Zähne ab, während diese sich beim Kauen der zentrischen Okklusion näherten. Die Höckerneigung der Zähne war nur streckenweise bestimmend, wenn sich der Kiefer beim Kauen aus der zentrischen Okklusion öffnete.

Die Condylusnadel verschob sich tatsächlich bei der leichtesten Öffnung der Zähne aus zentrischer Okklusion. Diese Bewegung ergab sich bei allen Kauvorgängen auf beiden Seiten.

Röntgenkinematographische Untersuchungen der Condylenbewegung sind von verschiedener Seite HJÖRTSJÖ (15), HIELSCHER (12), KOIVUMAA (19), ZIMMER (39), PUFF (30) und KRAUSE (21) veröffentlicht worden. Alle genannten Autoren befaßten sich bei ihren Untersuchungen mit Probanden, die vollständige oder annähernd vollständige eigene Zahnreihen hatten.

Die Ansichten über den Weg des Condylus sind auf Grund dieser Röntgenfilmuntersuchungen oder der vielen extraoralen Aufzeichnungen unterschiedlich.

GYSI (9) beschrieb sehr ausführlich eine extraoral aufgezeichnete S-förmige Condylenbahn, ZIMMER (39) gab einen Weg an, bei dem der Condylus zunächst abwärts und dann - sozusagen um eine Ecke - nach vorwärts verläuft und HIELSCHER (12) fand einen nach kaudal gerichteten variablen bogenförmigen Ablauf der Condylenbewegung.

Bei den Arbeiten EICHNER (7) handelt es sich um Untersuchungen an zahnlosen Patienten mit ungehinderter Bewegungsmöglichkeit des Unterkiefers. Es wurden Öffnungs-, Schließ- und Kaubewegungen sowie mit geformten Kunststoffwällen geführte Unterkieferbewegungen aufgenommen.

EICHNER (7) röntgenkinematographische Studien der Bewegung des Condylus zahnloser Patienten unter Verwendung von Röntgenbildverstärkern machen es heute möglich, Filmaufnahmen von Bewegungsabläufen auszuführen. Es stand der Philips-9-Bildverstärker mit Kinematographie und Röntgenfernsehen sowie der Röntgen-Bildverstärker-Fernseheinheit SIRECON am Pantoskop 2 der Siemens-Reiniger-Werke AG, Erlangen, zur Verfügung.

Die Ergebnisse dieser Filme und ihre Einzelbildauswertung sind bei EICHNER (7) folgende:

Bei der Öffnungs- und Schließbewegung verläuft der Condylus kreisförmig um das Tuberculum articulare herum.

Bei geführten Unterkieferbewegungen ist festzustellen: Kleine Artikulationsbewegungen innerhalb eines Okklusionsfeldes von 2 bis 3 mm haben auch nur kleine Exkursionen des Condylus zur Folge. Diese verlaufen innerhalb eines Gelenkfeldes nach allen Richtungen im Raum, auch nach distal (Retropulsion).

Bei Öffnungs- und Schließbewegungen sowie beim Kauen nimmt das Capitulum mandibulare einen bogenförmigen Weg mit nach kaudal gerichteter Konvexität. Dies deutet auf alleinige muskuläre Führung des Unterkiefers hin. - Bei mit verschieden geformten Kunststoff-Wällen geführten kleinen und extremen Unterkieferverschiebungen verlaufen die Wege des Condylus in einem kleineren Gelenkfeld und sind beeinflussbar. Bei kalottenförmiger Gestaltung der Wälle (mit einer Mittelwertkalotte, Radius 11 cm) ergibt sich eine bogenförmige, fließende Condylenbewegung im Gelenk. Daher empfiehlt EICHNER (7) diese Form für die Gestaltung des Kauflächenkomplexes totaler Prothesen.

HUPFAUF (18) und KÖPPEN (20) führten Versuche über die Ruheschwebelage durch. Dazu wurde der Abstand des Oberkiefers zum Unterkiefer bei 4 Gruppen von je 30 Probanden unterschiedlichen Alters an drei verschiedenen Tagen gemessen, wobei sich zeigte, daß die Meßstrecken zwischen 0,5 mm und 1,5 mm schwanken können. Gleichzeitig zeigte sich, daß die Breite des interokklusalen Spaltes tageszeitlichen Schwankungen unterliegt, die bei Jugendlichen am geringsten sind. Der Zwischenraum ist morgens am kleinsten, vergrößert sich gegen Mittag und weist abends die höchsten Werte auf. Diese Untersuchungen zeigten also, daß die Breite des interokklusalen Spaltes rhythmischen Schwankungen unterliegt. Trotzdem ist diese Bestimmung der Ruheschwebelage zur Zeit noch die geeignete Bestimmung der Bißhöhe. HERRMANN's (10) Ziel seiner Untersuchungen war es, zu klären, ob die Ruheschwebelage des Unterkiefers eine konstante, metrisch zu fixierende Größe

ist, oder von äußeren Faktoren zu beeinflussen ist, wie es von LEOF (22), OLSEN (28), SWERDLOW (35), ATWOOD (2), TALLGREN (36), COCCARO (6) und LLOYD (24) beschrieben wurde.

HROMATKA (17) stellte fest, daß die Ruheschwebe und Zentralokklusion (Interkuspidation) die Grund- und Ausgangsstellung für die Bestimmung der vertikalen und horizontalen Kieferbeziehungen sind. In der Ruheschwebe als der einzigen konstanten, schädelbezüglichen Lage des Unterkiefers, klafft ein interokklusaler Zwischenraum von 2 bis 5 mm, womit auf phonetischem Weg die meist eingestellte Bißhöhe kontrolliert oder auch bestimmt werden kann. In der Literatur schwanken die Angaben zwischen 0,5 und 5 mm. SILVERMANN (33) verlangt aber eine korrekte Bestimmung der Bißhöhe, wobei ein Millimeter mehr oder weniger schon falsch wäre.

D. Eigene Untersuchungen

a. Durchführung der Versuche (Methodik und Material)



Abb. 1

Acrylatblock mit eingelassenem RS.

Um den Weg der Schneidezähne des Unterkiefers kurvenmäßig erfassen zu können, benutzten wir einen Registrierstab (RS), der mit Hilfe eines Acrylatblockes (Abb. 1) an den unteren Schneidezähnen befestigt wurde.

Durch vorangegangenes Training und Unterweisung der Versuchsperson wurde sichergestellt, daß keine Zwangsführung durch eine schiefe Ebene des Acrylatblockes induziert wurde. In diesen Acrylatblock wurde ein Registrierstab bündig fixiert, um an der RS-Spitze den Weg der unteren Schneidezähne bei Kieferschließbewegung kurvenmäßig vergrößert, also verdeutlicht zu erfassen. Theoretisch kann man sagen, je länger der RS, je größer der Ausschlag und je genauer die Auswertung. In der Abb. 2 ist dieser Zusammenhang anhand eines praktischen Beispiels erläutert.

Leider sind aber gerade in bezug auf die Auswertung im Rahmen der Diskussion vor Fehlermöglichkeiten und -breiten wieder Grenzen gesetzt.

Es wurde darauf geachtet, daß nach Einsetzen des Acrylatblocks mit dem RS keine okklusalen Interferenzen auftraten, und daß die nichtgeschienten Zähne sowohl in der Zentralokklusion als auch während der verschiedenen Exkursionen gleichmäßig in Kontakt standen.

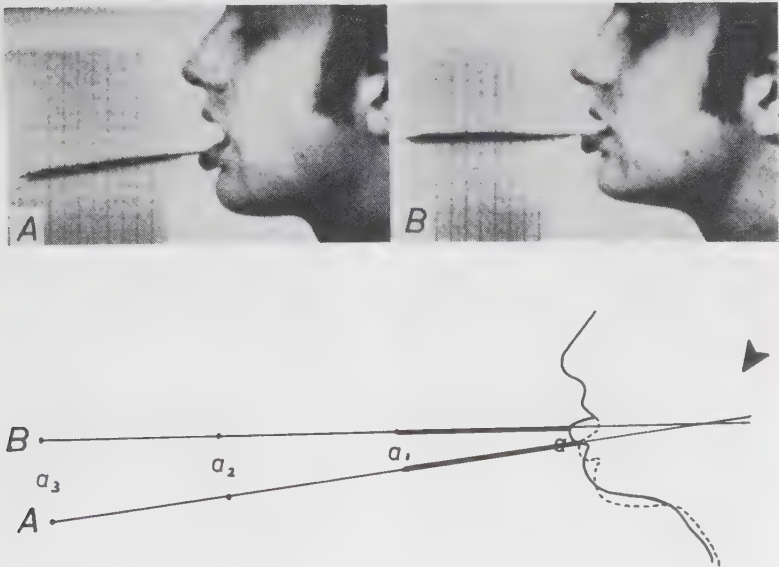


Abb. 2
Original-Vergrößerungen aus einem Hochfrequenzfilm mit 8000 Bildern pro sek.

A: Anfangsphase des Schließvorganges

B: Endphase des Schließvorganges

In der unteren Skizze sind die beiden Phasen übereinanderprojiziert, es ist erkennbar, daß mit der Verlängerung des RS der Ausschlag und die Auswertegenauigkeit steigt, siehe a_1 , a_2 , etc.

Der RS aus Aluminium hatte ein Gewicht von 5,0 g und eine Länge von 11 cm. Er war praktisch schwingungsfrei, damit mögliche Fehlerquellen von vornherein ausgeschlossen waren.

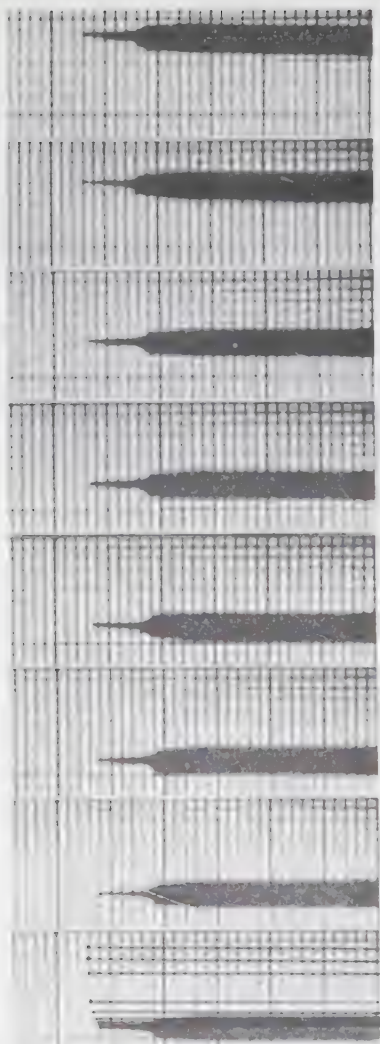


Abb. 2a

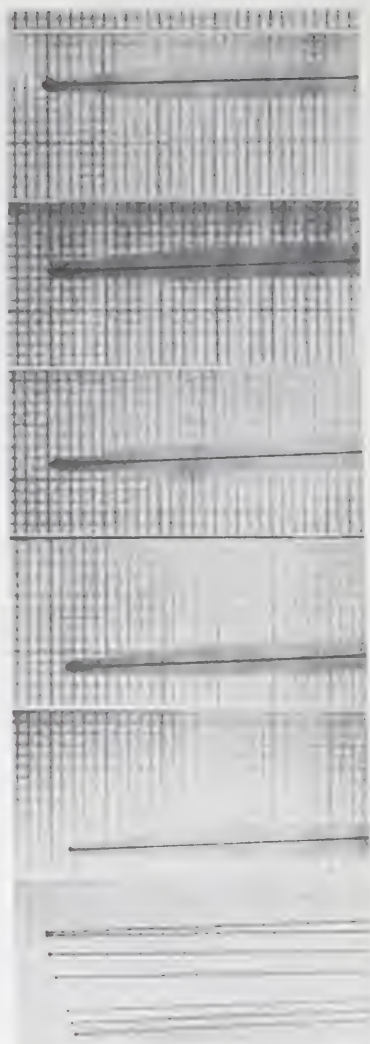


Abb. 2b

Einzelsituationen, in gleichmäßigen Abständen aus einem Hochfrequenzfilm entnommen. Die einzelnen Stellungen des RS wurden in die 1. Aufnahme eingezeichnet (s. unten). Der RS hebt sich fast parallel an, die beschriebene Kurve ist gut erkennbar. Interessant ist noch die ungleichförmige Bewegung (Beschleunigung und Abbremsung), welche aus den Abständen zwischen den Einzelphasen hervorgeht.

Als erste, einfache Anordnung zur Erfassung des Weges der RS-Spitze wurde ein Versuch mit einem Dia-Projektor durchgeführt. Die Versuchsperson mit dem befestigten RS wird seitlich eines Dia-Projektors plaziert, wobei die RS-Spitze sich während der Kaubewegung an der Stelle der eigens zu diesem Zweck angefertigten Diapositiv-Führungs-Einrichtung bewegt. Die RS-Spitze wird somit auf der Vorführleinwand scharf abgebildet, der beschriebene Weg kann etwa - je nach verwendetem Objektiv - 20- bis 30-fach vergrößert dargestellt werden. Leider vergrößert sich auch die Winkelgeschwindigkeit hiermit, das menschliche Auge kann die schnelle Bewegung nicht voll erfassen. Es versucht, während des Vorgangs verschiedene Punkte auf der Projektionswand zu fixieren, wobei sich aber herausstellte, daß bei großer Übung höchstens die Ausgangs- und Endphase (wegen der kurzen Verweilzeit) und eine Zwischenphase erfaßt werden können und zwar das nur an der RS-Spitze. Da aber der beschriebene Weg sich nicht etwa ganz klar als eine verwertbare Kurve abzeichnet, vielmehr die genaue Bewegung erst gefunden werden soll, sind weitere Punkte notwendig, etwa Anhaltspunkte auf dem RS in gewisser Entfernung von der Spitze. Die Methode stellte sich als ungenau heraus, die Versuchsperson muß sich zu sehr auf die richtige Führung des RS's konzentrieren, als daß eine natürliche Bewegungsführung gewährleistet sein könnte und der Auswerter kann in dem sehr kurzen Zeitabschnitt ebenfalls nicht genau vorgehen.

Da sich im ersten Versuch die Problematik der Aufzeichnung und Auswertung besonders deutlich bemerkbar machte, wurde als nächstes versucht, den beschriebenen Weg

auf Photopapier aufzuzeichnen. Zu diesem Zweck wurde an der RS-Spitze ein kleines Glühbirnchen angebracht. Verwendet wurde eine Lichtquelle von etwa 1 mm Durchmesser, wie sie eingesetzt werden für Zeitmarkenangaben auf Film etc. Die erleuchtete Fläche wurde so klein wie möglich gehalten durch Abdeckung mit schwarzer Farbe, das Gewicht der Mini-Glühbirne dürfte auf den natürlichen Ablauf der Bewegung keinen Einfluß nehmen. Für künftige, ähnliche Untersuchungen könnte die Anwendung von Lichtleitern (Fiber Optics) in Betracht gezogen werden. Nachdem im verdunkelten Raum der RS mit der Lichtquelle vor senkrecht angeordnetem Photopapier bewegt wurde, stellte sich heraus, daß durch die Überstrahlung eine genaue Linienführung und -erkennung nicht möglich war.

In der Industrie, Technik und Forschung ist es üblich, einen Vorgang in einer Aufnahme festzuhalten, indem bei geöffneter Kamera im verdunkelten Raum der sich bewegende Gegenstand in entsprechenden Zeitabständen angeblitzt wird. Als Beispiel sei nur ein durchgeschossener Draht erwähnt; auf der Aufnahme ist je nach Blitzfolge der Fächer des sich durchbiegenden, platzenden und zurückschnellenden Drahtes und der Weg der Kugel in 10 bis 20 Phasen zu sehen. Davon gingen die Überlegungen aus, eine vollständige Öffnungs- und (oder) Schließbewegung als Fächer (gebildet durch den sich bewegenden RS) festzuhalten. Normale Blitzgeräte entsprechen diesen Anforderungen in keiner Weise wegen der trägen Aufladung und Erwärmung. Verwendet werden können sogenannte Lichtblitzstroboskope, die im Gebiet der HNO schon von SCHÖNHÄRL (32) verwendet wurden. Für die Versuche wurden mindestens 200 bis 300 Blitze pro Sekunde benötigt, um einen Zusammenhang zu geben. Bei dem hier durchgeführten Versuch wurde das Hochleistungsblitzgerät STROBOKIN von Dr. Frank Früngel, Impulsphysik, (Hamburg) verwendet, welches bis zu 50.000 Blitze pro Sekunde

liefern kann. Die Versuchsperson wurde so plaziert, daß der RS sich vor einem senkrecht angebrachten Millimeterpapier bewegte. Die große Schwierigkeit ergab sich darin, daß die Blitzserie in Einsatz und Länge so gewählt werden muß, daß nur eine Bewegung erfaßt wird. Praktisch muß die Blitzserie einsetzen in der Anfangs- (End-) Phase und enden in der End- (Anfangs-) Phase der RS-Bewegung. Die Auswertungsmöglichkeiten wären nahezu ideal, da bei der gewährten Gleichmäßigkeit der Blitze Änderungen im Abstand zwischen den einzelnen RS-Stellungen gleichzeitig Aufschluß über den Geschwindigkeitsablauf geben würden. Aber auch diese Methode erwies sich vorläufig (infolge des hohen materiellen Aufwandes) als nicht durchführbar, da durch die erforderliche ungeheure Konzentration auf beiden Seiten (Versuchsperson und Aufnahmeteam) ebenfalls ein zwangloser Bewegungsablauf nicht gewährleistet war. Außerdem brachte der zeitgünstige Start der Blitzserie zu große Anforderungen an den Aufnahme-Fachmann. Es sollte zur Diskussion gestellt werden, die Methode weiter auszubauen und den Start der Blitzserie durch Lichtschranke o.ä. auszulösen.

b. Die Registrierung der Bewegungs-
abläufe des Unterkiefers

Schon nach den ersten, bisher beschriebenen Vorversuchen, den Vorgang rein visuell und auch photographisch zu erfassen, stellte sich heraus, daß außer einer Vergrößerung des Weges eine zeitliche Dehnung des Vorganges notwendig sei. Diesen Anforderungen entspricht die Kinematographie bzw. die Zeitdehner- und High-Speed-Kinematographie. Bei normaler Belastung kann der Mensch etwa bis 100 Kaubewegungen in

der Minute durchführen, d.h. 1,6 Kaubewegungen in der Sekunde. Die Normal-Filmfrequenz beträgt 16 Bilder pro Sekunde, mit anderen Worten: bei 16 (evtl. bis 24) Bildern pro Sekunde verschmilzt die Bildreihe zu einem Vorgang, Bewegungen in kürzeren Zeitabständen kann das Auge nicht erfassen. Somit ist die Vorführfrequenz festgesetzt. Wird aber ein Vorgang bei einer höheren Frequenz aufgenommen, (im Sport z.B. mit 64 Bildern pro Sekunde, in der Technik bei äußerst rasanten Vorgängen bis 8000, 16000, ja in beschränkten Bildzahlen bis zu 100000 Bilder pro Sekunde), und der Film anschließend mit 16 Bildern pro Sekunde vorgeführt, wird eine Zeit- (Vorgangs-) Dehnung erreicht, z.B. bei einer Aufnahmefrequenz von 8000 Bildern pro Sekunde eine Dehnung von 500-fach. Ganz davon abgesehen, daß eine Vorführung des Films nicht unbedingt notwendig wäre, vielmehr eine Einzelbilddauswertung angestrebt wurde, bleiben für 1,6 Kaubewegungen pro Sekunde nur 16 Bilder bei Normalfrequenz, d.h. etwa 10 Bilder (Einzelphasen) pro Öffnungs- und Schließvorgang, einschließlich der Verweilzeit, jeweils in der Endphase. Daraus ergab sich die Notwendigkeit, bei Vorversuchen mit Frequenzen ab 64 Bildern pro Sekunde, bei genauester Auswertung mit bis zu 8000 Bildern pro Sekunde zu arbeiten. (Abb 2a, Abb. 2b)

Die vorangegangenen Versuche bestätigen immer mehr die Notwendigkeit des Einsatzes einer Filmkamera. Da es sich in dem vorliegenden Fall nicht um Vorführfilme handelt, wo die Aufnahmegeschwindigkeit so gewählt werden müßte, daß bei der Vorführung der Bewegungsablauf zwar gedehnt aber dennoch zügig vonstatten gehen sollte, fixierten folgende Überlegungen die Aufnahmebedingungen:

1. Die Aufnahme Frequenz kann sich bewegen zwischen mindestens 64 Bildern/sek. bis etwa 8000 Bilder/sek.
2. Für die Auswertung wird dann entsprechend der verlangten Genauigkeit jedes Bild oder jedes 2., 3., 4., 5. Bild genommen.

Als Kamera wurden verwendet:

1. Eine 16 mm Arriflex, welche bis zu 64 Bilder/sek. aufnehmen kann. Die Kamera arbeitet mit einem normalen Greifersystem.
2. Eine Hochfrequenzkamera FASTAX, Drehprisma aus USA (Pa. Wollensak), welche bis zu 8000 Bilder/sek. leisten kann. Der Film wird kontinuierlich durchgezogen, ein Drehprisma führt das Bild auf dem vorbeigezogenen Film während der Expositionszeit. Bei der Höchstgeschwindigkeit beträgt die Einzelbildbelichtungszeit bei Verwendung von Dauerlicht $1/24.000$ Sekunde, (d.h. $1/3$ des Reziprokwertes der Aufnahme Frequenz). Die dadurch gewährleistete bewegungsfreie Schärfe ist eminent wichtig für die Auswertung.

Es wurde von der Überlegung ausgegangen, den Bewegungsablauf so natürlich und zwanglos wie möglich durchzuführen. Aus diesem Grunde wurde auch davon abgesehen, den Kopf der Versuchsperson mehr als nur durch eine rückwärtige Anlagermöglichkeit und Fesselung zu fixieren. Aus der Situation des Kopfes zu den noch näher zu beschreibenden Anhaltspunkten kann sofort eine evtl. Bewegung festgestellt werden. Die Erfahrung zeigte, daß während der kurzen Zeit der Aufnahme (etwa 3 bis 5 Sek.) die Versuchsperson den Kopf vollständig ruhig hielt. Der RS mußte nun in

senkrechter Richtung vor einem Millimeterpapier geführt werden, der Kamera-Bildausschnitt umfaßte den Bereich von der RS-Spitze bis zum Ohr, wo der Kiefer-Gelenk-Drehachsenpunkt (HINGE AXIS) tätowiert und durch einen Pfeil für die Aufnahme besonders hervorgehoben wurde (Abb. 3). Die beiden schmalen Pfeile bezeichnen die Kerben an dem RS, welche als zusätzliche Anhaltspunkte bei der Auswertung dienten. In Abb. 2 sind in der oberen Hälfte ebenfalls zwei Original-Aufnahmen aus einem Hochfrequenz-Film dargestellt, und zwar links die Endphase, rechts die Anfangsphase einer Kieferschließbewegung.

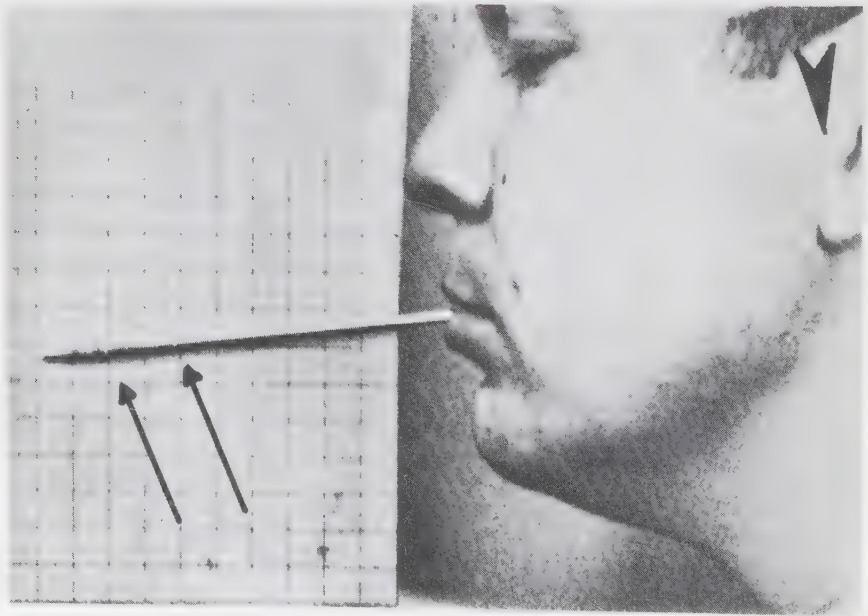


Abb. 3
Originalvergrößerung aus einem Hochfrequenzfilm. Die genauen Auswertemöglichkeiten sind erkennbar, RS, Markierungskerben, Millimeterpapierereinstellung und Drehpunktmarkierung sind optimal dargestellt. Diese Forderung ist nur schwer zu erfüllen, es gilt einen Bildausschnitt von 30 cm Breite zu erfassen und die Millimetereinteilung klar darzustellen. Störend ist hier schon das Filmkorn.

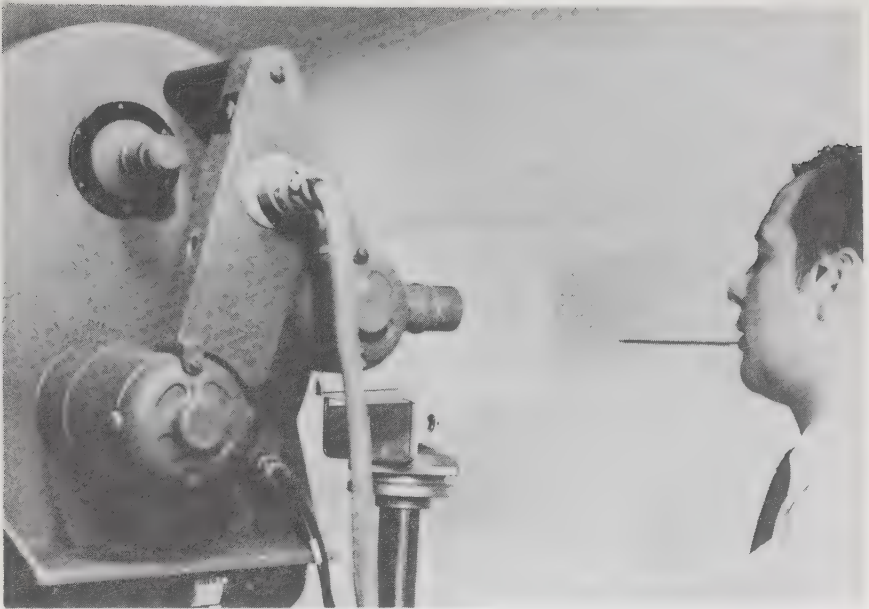


Abb. 4

Versuchsanordnung von der Seite gesehen: Rechts die Versuchsperson mit fixiertem RS. Etwa in der Gesichtsmitte eine Mattglasscheibe mit aufgeklebtem Millimeterpapier. Der Bildausschnitt reicht von der RS-Spitze bis zum Ohr, wo der Drehpunkt markiert wurde, siehe schwarzes Dreieck zur Hervorhebung. Eine Hochfrequenzfilmkamera nimmt die Situation mit einer Bildfrequenz bis zu 8000 Bildern pro sek. auf.

Eine Übersicht über die gesamte Aufnahmesituation vermittelt Abb. 4. Links die FASTAX High-Speed-Camera, 16 mm, mit den zwei großen Motoren für den Antrieb der Filmrolle und des Ausgleichprismas. Rechts befindet sich die Versuchsperson, hinter dem RS das auf eine Opalglasscheibe aufgeklebte transparente Millimeterpapier. In Abb. 5 ist schematisch nochmals die gesamte Versuchsanordnung aufgeführt.

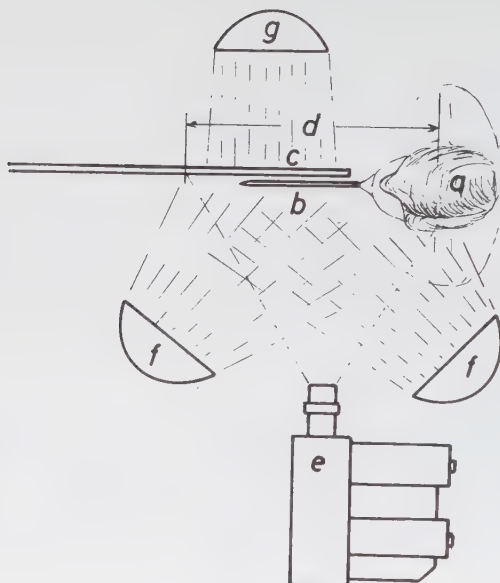


Abb. 5
Versuchsanordnung von oben gesehen:

- a) Versuchsperson
- b) RS
- c) Mattglasscheibe, beklebt mit Millimeterpapier
- d) Bildausschnitt
- e) Hochfrequenzfilmkamera "Fastax"
- f) Zwei Scheinwerfer, welche Versuchsperson, die angebrachte Markierung und das Millimeterpapier mit dem sich davor bewegenden RS ausleuchten.
- g) Dieser Scheinwerfer wurde verwendet um den RS darzustellen. Bei Durchleuchten der Mattglasscheibe von hinten ergibt sich eine silhouettenhafte Abbildung vor der Millimetereinteilung.

Das Problem einer ausgewogenen Beleuchtung besteht darin, die Millimetereinstellung von rückwärts zu beleuchten, so daß der RS schattenlos, silhouettenhaft abgebildet wird, gleichzeitig aber der an der Versuchsperson bezeichnete Kiefergelenk-Drehpunkt sichtbar ist (Scheinwerfer f., Abb. 5).

Es war den Durchführenden bekannt, daß eine gewisse Unzulänglichkeit in der Versuchsanordnung bestand, indem nur eine Bewegung, nämlich die Auf- und Ab-Bewegung von der Seite her gesehen, verfolgt werden konnte. Deshalb soll eine den Ansprüchen angepaßte Versuchsanordnung beschrieben werden, welche für künftige Fälle angewendet werden könnte (Abb.6). Es könnte dabei mit Hilfe dieser Anordnung mit einer Kamera, somit jeweils in einem Bild die Auf- und Ab-Bewegung und gleichzeitig eine etwa beschriebene Abweichung von der Senkrechten erfaßt werden. Hierzu ist die Anbringung von Spiegeln notwendig. Die Anordnung wird bedeutend komplizierter durch die Differenz der jeweiligen Abstände Objekt-Filmebene und die tiefenschärfenmäßige Erfassung.

D und E sind Spiegel, in 45° Neigung angebracht. In D ist die RS-Spitze in ihrem Weg zur Meßplatte, in E ist der Verlauf der gesamten RS-Länge auf einen parallelen oder evtl. davon abweichenden Verlauf zur Meßplatte zu verfolgen. Die Skizze links oben zeigt die Situation aus der Sicht der Kamera, rechts daneben aus der Sicht der Versuchsperson und unten ist die Anordnung von oben zu sehen. Große Schwierigkeiten bereitet ferner folgendes Problem: Bedingt durch den Abstand der beiden für die Auswertung wichtigen Punkte, nämlich RS-Spitze

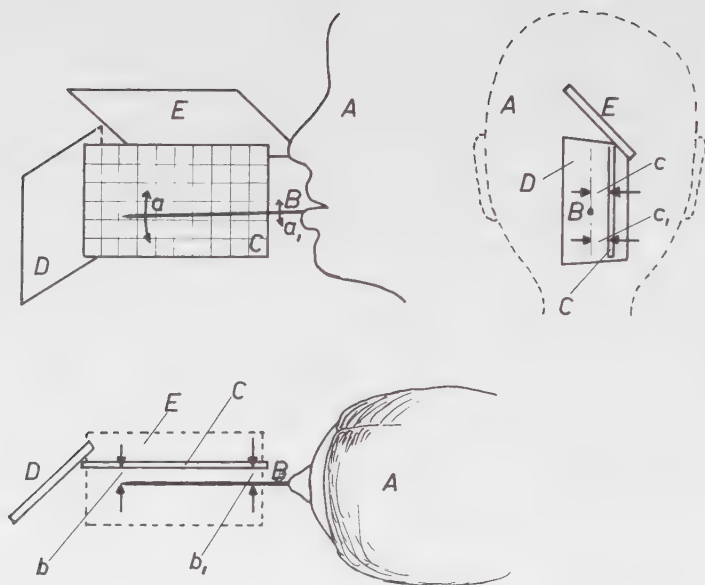


Abb. 6

Versuchsanordnung zur Erfassung der Bewegung in 3 Dimensionen:

- oben links: von der Seite gesehen, die von dem RS beschriebene fächerförmige Figur (a und a_1) kann vor dem Millimeterpapier ausgewertet werden.
- oben rechts: in Richtung der Versuchsperson gesehen, auf dem Spiegel D wird der Abstand c , c_1 , d.h. zwischen RS-Spitze B und Millimeterpapier C verfolgt.
- unten: von oben gesehen, hierbei kann über Spiegel E kontrolliert werden, ob der RS B parallel zur Meßplatte C geführt wird, lt. Abstand b , b_1 .

Erläuterung der Bezeichnungen:

A: Versuchsperson

B: RS

C: Meßplatte

D: Spiegel seitlich in 45° angeordnet

E: Spiegel oben in 45° angeordnet

und Drehpunkt des Kiefers, welche u.U. 20 cm bis 26 cm, je nach Kopfbau und RS-Länge betragen kann, ergibt sich ein Mißverhältnis zum abzubildenden Millimeterpapier. Die Erkennung der Millimetereinteilung ist das Kriterium für eine genaue Auswertbarkeit. Hierbei kommt man bei der Darstellung dieses ganzen Abschnittes z.T. schon in den Bereich, wo das Filmkorn stört. Es wurden deshalb bei den durchgeführten Aufnahmen jeweils ein grobkörniger Negativfilm verwendet zur Ermittlung der Belichtungszeit und frequenzmäßig optimalen Erfassung des Vorganges, welcher sofort in einem Schnellverfahren entwickelt wurde. Danach wurde die Szene mit einem 18 DIN-Umkehrfilm wiederholt, welcher praktisch kein Korn zeigt. Für künftige großangelegte Versuche allerdings wäre zu überlegen, ob man nicht 35 mm-Filme verwenden sollte, die Auswertbarkeit ist ca. 10-fach besser und genauer. Allerdings steigt dann gerade bei den Zeitdehner-Aufnahmen der Filmverbrauch stark an. Hervorzuheben wäre noch, daß es bei dieser Versuchs- und Geräteanordnung möglich ist, die Versuchsperson möglichst unbefangen die Kaubewegung durchführen zu lassen. In einem günstigen Moment wird die Kamera ausgelöst, mit einer 30-m-Filmrolle etwa 800 Bilder pro Sekunde sind dann 6 bis 9 vollständige Kaubewegungen erfaßt.

C. Die Auswertung der Ergebnisse

Benötigt wird für eine exakte Auswertung:

1. die Lage der RS-Spitze zur Millimetereinteilung,
2. die Richtung des RS,
3. der auf die Haut tätowierte Drehpunkt des Kiefergelenkes (HINGE AXIS) in seiner Lage zum Millimeterpapier.

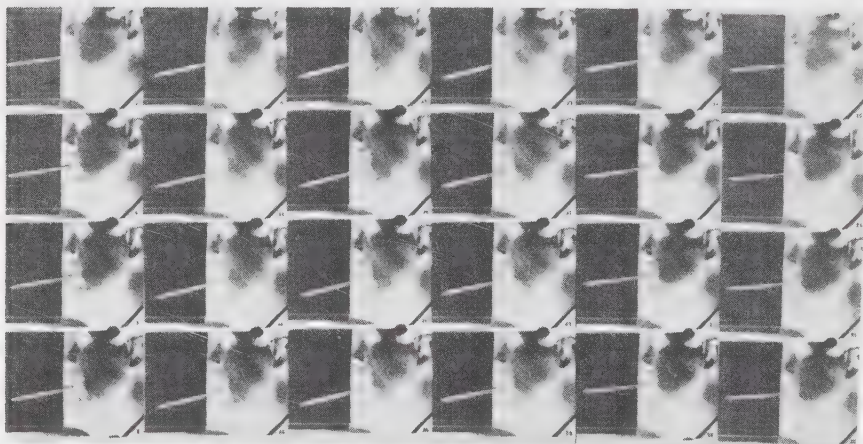


Abb. 7

Zusammenstellung von 24 Einzelnegativen aus einem Hochfrequenzfilm, in gleichmäßigen Abständen entnommen. Die Auswertung dieser Einzelaufnahmen ergibt die Abb. 8 und 10. Die einzelnen Punkte für die Rekonstruktion der jeweiligen RS-Stellung sind:

- a) RS-Spitze
- b) 1. und 2. Markierung auf dem RS
- c) ein auf dem RS angenommener Punkt 90 mm ab Spitze
- d) Lage der Scharnierachse

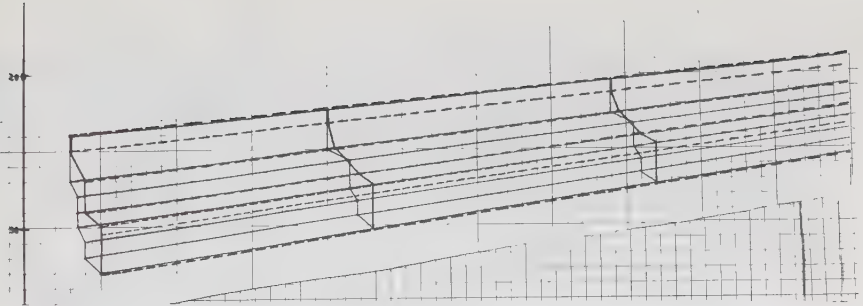


Abb. 8

Bewegung des Kiefergelenkes bei einer großen Schließbewegung

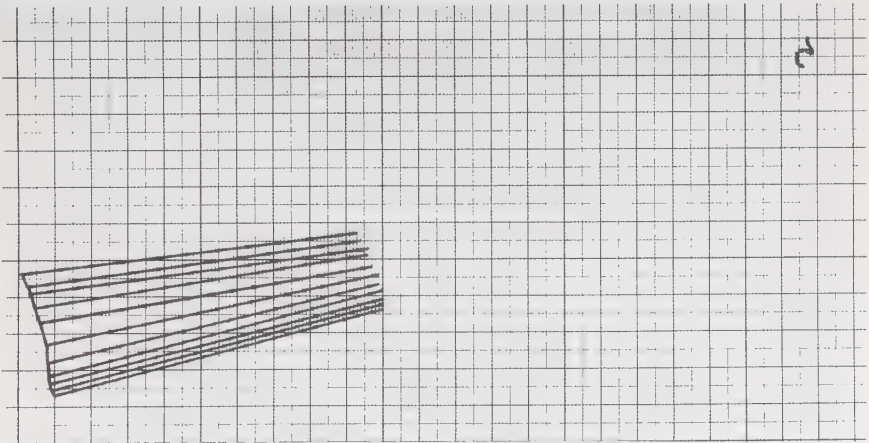


Abb. 9

Eine Schließ- und eine Öffnungsbewegung im Bereich Ruheschwebe-Interkuspitation. Die Schneidezähne beschreiben eine Kurve von 3,5 mm Länge, der Drehpunkt des Kiefergelenkes verlagert sich um ca. 1,5 mm.

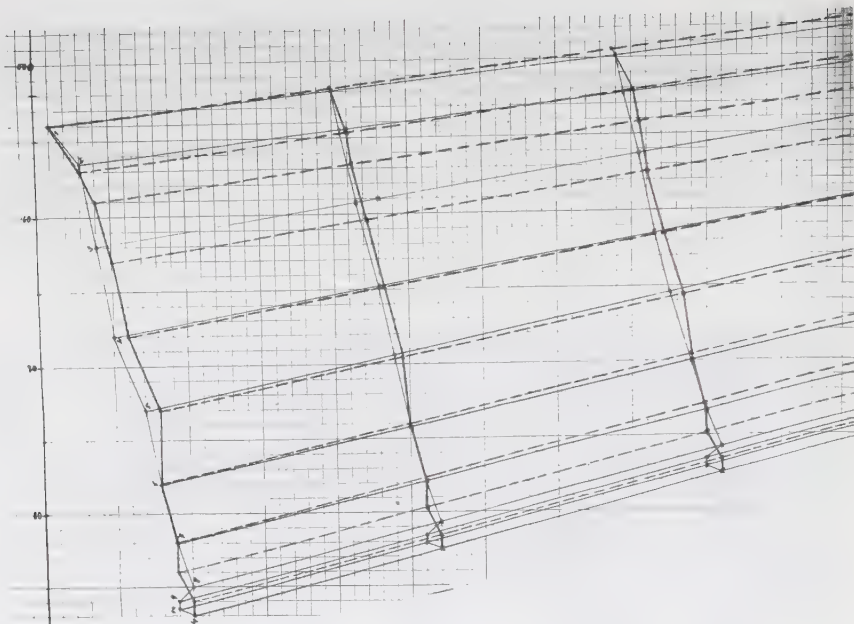


Abb. 10

Es handelt sich um einen vollständigen Öffnungs- und Schließvorgang (Schließvorgang = gestrichelt dargestellt). Die dreifache Auswertung (RS-Spitze, 1. Kerbe, 2. Kerbe) ergibt größere Sicherheit und vermeidet Ablesefehler. Die von der RS-Spitze beschriebene Kurve umfaßt eine Strecke von etwa 34 cm., in Höhe der Schneidezähne beträgt sie 23 cm. Zur Erhöhung der Genauigkeit wurde das Original in 10-facher Vergrößerung gezeichnet, die effektive Bewegung der Schneidezähne beträgt also 23 mm.

Diese Werte können aus einer nachträglich hergestellten photographischen Vergrößerung heraus oder an Spezial-Auswerte-Geräten, wie z.B. dem Lytax-Analyser ermittelt werden. Der Lytax-Analyser projiziert das Filmbild auf eine mit Transparentpapier bezogene Platte. Übereinander-Projektionen z. B. einzelner Phasen können zeichnerisch direkt vorgenommen werden. Da aber der Projektionsschirm verhältnismäßig klein ist und nicht erlaubt, das Objekt 1:1 darzustellen, mußte man dazu übergehen, lediglich die genauen Werte zu ermitteln, um sie dann im Verhältnis 10 : 1 auf Millimeterpapier zu übertragen. Diese zeichnerische Vergrößerung stellt die Verhältnisse bedeutend klarer dar. In den meisten Fällen wurden die Werte aus hergestellten Vergrößerungen ermittelt, welche dann zugleich als Beleg dienten. Abb. 7 zeigt eine Zusammenstellung von 24 Einzelbildern, in gleichmäßigen Abständen aus einem Hochfrequenzfilm entnommen. Die Auswertung dieser Aufnahmen, d.h. Ermittlung der RS-Stellung aus folgenden vier Punkten:

- a) RS-Spitze
- b) 1. und 2. Kerbe (40 und 60 mm ab RS-Spitze),
siehe Abb. 1
- c) ein auf dem RS angenommener Punkt 90 mm ab Spitze
- d) Lage des Kiefergelenkes in der Kontaktposition, Tätowierung durch Dreieck betont, ergab die Grundlage für die Kurven in Abb. 8 und 9.

E. Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurde der Versuch unternommen, den ganzen Ablauf der Unterkieferbewegung mittels Licht-Kinematographie zu analysieren. Zunächst unabhängig von bereits in der Literatur bekannten Arbeiten wurden grundsätzlich optimale Versuchs- und Arbeitsbedingungen in bezug auf die Bildfrequenz, Aufnahme, Anordnung, Objektfeldvergrößerung etc. bestimmt. Gewisse Unzulänglichkeiten infolge der finanziellen Aufwendigkeit der Methode und der nur beschränkten Möglichkeiten eines Einzelnen mußten in Kauf genommen werden. Aber es wurden Erfahrungen gesammelt und Anregungen gegeben, welche zumindest als Grundlage für eine echte Forschungsarbeit mit einem Arbeitsteam und genügenden Mitteln gelten können. Grundsätzlich hat sich die Anwendung der Zeitdehner-Kinematographie bewährt, weil sie erlaubt, in relativ kurzer Zeit eine Reihe von aufeinanderfolgenden Bewegungen mit allen Abweichungen und Variationen zu erfassen, gleichzeitig durch die ungezwungene Anordnung der Versuchsperson die Spannung nimmt, welches der Natürlichkeit des Bewegungsablaufes zugute kommt.

F. Diskussion der Ergebnisse

Es wurde untersucht, welche Bahn der Unterkiefer bei der Schließbewegung in die retrudierte Kontaktposition beschreibt. Die Schneidezähne beschreiben eine Kurve, welche zustande kommt, indem sich der Drehpunkt des Kiefergelenkes während der Bewegung verlagert. Die Figur, welche durch das Gelenk beschrieben wird (siehe Abb. 11), ist sogar bei verschiedenen Bewegungen ein- und derselben Versuchsperson nicht absolut gleich, sie scheint von verschiedenen Faktoren abhängig zu sein. Nach den vorliegenden Auswertungen an drei Versuchspersonen beträgt die Verschiebung des Gelenkdrehpunktes bis zu 6 mm bei großer Öffnungsbewegung, im Bereich zwischen Ruheschwebelage und dem okklusalen Kontakt nur etwa bis zu 1,5 mm. Die aus Einzelheiten ermittelten Anhaltspunkte wurden z.T. in 10-facher, z.T. in 2,5-facher Größe auf Millimeterpapier übertragen, um eine evtl. vorhandene Bewegungstendenz deutlich sichtbar zu machen. Die Unterkieferbewegung in der Vertikalen zeigt im großen ganzen annähernd eine Gerade, welche dann im Bereich Ruheschwebelage - okklusalem Kontakt in eine Kurve ausläuft. Die Bestimmung dieser Kurve war Aufgabe vorliegender Arbeit. Die Abbildungen können wegen der beschränkten Größe nur einen ungenügenden Eindruck vermitteln, es sei in dem Zusammenhang auf die Original-Einzelbildvergrößerungen und Auswertebögen hingewiesen.



Abb. 11

Auswertung einer Kiefer-Schließ-Bewegung (große Mundbewegung, die Zähne beschreiben etwa einen Bogen von 23 mm!) aus einem Zeitdehnerfilm. Die Bewegung des Kiefergelenkes, abgeleitet aus der jeweiligen Stellung der Nadel wurde hier dargestellt. Die obere Kurvenhälfte wird beschrieben durch das Gelenk während der Bewegung von der Ruheschwebelage in die Intercuspidation.

G. Zusammenfassung

Aufgrund der erheblichen notwendigen finanziellen Aufwendungen war es nicht möglich, bei einer größeren Zahl von Probanden die Untersuchungen durchzuführen, so daß eine Verallgemeinerung der mitgeteilten Untersuchungsergebnisse vorerst unterbleiben muß. Es zeigte sich jedoch in den beiden Fällen, bei denen die retrudierte Kontaktposition gewählt wurde, eine auffallende Übereinstimmung im Verlauf der aufgezeichneten Kurven, so daß mit gewisser Berechtigung festgestellt werden kann, daß zumindest beim Durchlaufen der Strecke zwischen der Ruheschwebelage und dem okklusalen Kontakt ein Kreisbogen nachweisbar ist, für den ein Zentrum ermittelt werden konnte. Dieses Zentrum lag in beiden Fällen oberhalb der Scharnierachsenpunkte.

Bei der Registrierung der normalen Unterkieferbewegung zeigte sich eine geometrisch nicht definierbare Kurve mit vorzugsweise nach dorsal tendierender Bewegungsrichtung.

Mit Hilfe der kinematographischen Zeitdehnung wurden die Bewegungen des Unterkiefers zum Oberkiefer bei einer Versuchsperson bis zur Herstellung der habituellen Interdigitation und bei zwei Versuchspersonen bis zur Erreichung der retrudierten Kontaktlage des Unterkiefers dargestellt und ausgewertet. Bei zwei Versuchspersonen wurde vorher die Lage der Scharnierachse (HINGE AXIS) bestimmt.

Zur Führung des Unterkiefers in die retrudierte Kontaktposition hinein diente ein Acrylatblock, der gleichzeitig Träger des RS war. Durch Bewegungsübungen war sichergestellt, daß die Bewegungen frei abliefen und keine Zwangsführung durch den Acrylatblock entstand.

Demnach kann - aus und in die retrudierte Kontaktlage hinein, im Gegensatz zu der Öffnungs- und Schließbewegung des Unterkiefers - eine geometrisch erfaßbare Bewegung des Unterkiefers in Form eines Kreisbogens (Abb. 12) um eine Achse, die nicht mit der sogenannten Scharnierachse identisch ist, konstatiert werden.



Abb. 12
Aufnahmesituation wie in Abb. 1 schematisiert. Die Nadel ist in der Ausgangsstellung gestrichelt, in der Endstellung voll ausgezeichnet. Zu dem Kreisbogen, welcher durch die einzelnen Phasen der Nadelspitze während der Unterkierverschließbewegung beschrieben wird, wurde ein Kreisbogen gefunden. Danach wurde der Mittelpunkt (M) dieses Kreisbogens ermittelt, welcher etwas höher liegt als der ursprünglich aufgetätowierte Punkt.

Literaturverzeichnis

1. ALLISON, M.L.: Mandibular movements in three dimensions.
J. prosth. Dent. 13, 72-92 (1963)
2. ATWOOD, D.H.: A review of the fundamentals on rest position and vertical dimension.
Internat. dent. J. 9,6 (1959)
3. BENNETT, N.G.: A contribution to the study of the movements of the mandible.
J. prosth. Dent. 8, 41-45 (1958)
4. BERRY, H.M.: Cineradiographic observations of temporomandibular function.
J. prosth. Dent. 9, 21-33 (1959)
5. BOUCHER, C.O.: Mandibular movements in three dimensions.
J. prosth. Dent. 13, 72-92 (1963)
6. COCCARO, P.J.: Cephalometric analysis of morphologic face height.
J. prosth. Dent. 15, 35 (1965)
7. EICHNER, K.: Röntgenkinematographische Studien des Kondylus zahnloser Patienten.
Dtsch.zahnärztl.Z. 22,2 (1967)
8. FRANK, L.: A report on normal movements of the condyle.
D. Digest 54, 540-542 (1948)
9. GYSI, A.: Beitrag zum Artikulationsproblem
Berlin 1908
10. HERMANN, H.W.: Untersuchungen über die Ruheschwebe
Dtsch.zahnärztlich.Z. 21,8 (1966)
11. HICKEY, J.C.: Mandibular movements in three dimensions.
J. Prosth. Dent. 13, 72-92 (1963)

12. HIELSCHER, W.: Zur Kiefergelenksdiagnostik auf röntgenologischem Gebiet unter "Zuhilfenahme kinematographischer Studien der kondylären Bewegungsbahnen." Dtsch.zahnärztl.Z. 16, 1210 (1961)
13. HIGLEY, L.B.: Roentgenographic interpretation of certain condyle and menton movements. J.A.D.A. 28, 779-785 (1941)
14. HILDEBRAND, G.Y.: Studies in the masticatory movements of the human lower jaw. Skandinav. arch. physiol. suppl. 61 (1931)
15. HJÖRTSJÖ, C.H.: Anatomie und Physiologie des Kiefergelenkes. Fortschr. d. Kiefer- und Gesichtschirurgie, Bd. IV, S.16, Thieme, Stuttgart 1960
16. HOFFMAN, F.A.: Cineradiographic observations of temporomandibular function. J. Prosth. Dent. 9, 21-33 (1959)
17. HROMATKA, A.: Grundlagen zur Bißnahme. Dtsch. zahnärztl.Z. 18, 8 (1963)
18. HUPFAUF, L.: Zur Problematik der Bißregistrierung beim zahnlosen Patienten. Dtsch.zahnärztl.Z. 21, 6 (1966)
19. KOIVUMAA, K.: Eine Röntgenfilmuntersuchung über die Kaubewegungen des Unterkiefers, Suom.hammaslääk, toim 57, 278 (1961)
Ref.: Zahnärztl. Praxis 13, Heft 20 (1962)
20. KÖPPEN, D.: Untersuchungen über die Ruheschwebe des Unterkiefers. Med. Diss. Mainz 1966
21. KRAUSE, G.: Röntgenkinematographische Untersuchungen am Kiefergelenk unter funktioneller Belastung. Dtsch. zahnärztl.Z. 20, 189 (1965)

22. LEOF, M.: Revision of accepted dicta on mandibular position.
N.Y.J. Dent. 20, 8 (1950)
23. LINDBLOM, G.: A cineradiographic study of the temporomandibular joint.
Acta odont. scand. 15, 141-158 (1957)
24. LLOYD, R.: Cephalometric analysis of morphologic face height.
J. prosth. Dent. 15, 35 (1965)
25. LOGAN, R.A.: Roentgenographic interpretation of certain condyle and menton movements.
J.A.D.A. 28, 779-785 (1941)
26. LUCE: Recording of mandibular movements.
J. prosth. Dent. II, 1068-1073, (1961)
27. MARXKORS, R.: Gesichtsproportionen und Bißhöhe.
Dtsch.zahnärztl.Z. 24,12 (1969)
28. OLSEN, E.S.: A radiographic study of variations in the physiologic rest position of the mandible in 70 edentulous individuals.
Thesis Minnesota (1951)
29. POSSELT, U.: Studies in the mobility of the human mandible.
Acta odont. scand. 10, suppl. 10 (1952)
30. PUFF, A.: Röntgenkinematographische Untersuchungen am Kiefergelenk unter funktioneller Belastung.
Dtsch.zahnärztl.Z. 20, 189 (1965)
31. ROTHSCHILD, E.A.: Condyle positions in unimpeded jaw movement.
J. Prosth. Dent. 11, 873-881 (1961)
32. SCHÖNHÄRL, E.: Die Stroboskopie in der praktischen Laryngologie.
1960
33. SILVERMANN, M.M.: Okklusion in der Prothetik und im natürlichen Gebiß.
Berlin 1964

34. STACY, R.W.: Mandibular movements in three dimensions.
J. prosth. Dent. 13, 72-92 (1963)
35. SWERDLOW, H. Vertical dimension literature review.
J. prosth. Dent. 15, 241 (1965)
36. TALLGREN, A.: Changes in adult face height due to aging, wear, and loss of teeth and prosthetic treatment.
Acta odont. scand. 15, suppl. 24 (1957)
37. WALKER: Improvements of Bonwill's system.
J. prosth. Dent. 11, 1074 1079 (1961)
38. WOLFEL, J.B.: Mandibular movements in three dimensions.
J. prosth. Dent. 13, 72-92 (1963)
39. ZIMMER, E.A.: Die Röntgenologie des Kiefergelenkes.
Schweiz.Mschr. Zahnheilk. 51, 949 (1941)
40. ZOLA, A.: Condyle positions in unimpeded jaw movement.
J. prosth. Dent. 11, 873-881 (1961)

Lebenslauf

Am 15. April 1944 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Dr. Otto A d a m und dessen Ehefrau Amalie Maria in Rastatt/Baden geboren.

Nach fünfjährigem Besuch der Volksschule wechselte ich zum Gymnasium über, wo ich nach neunjähriger Schulzeit im Februar 1964 die Reifeprüfung am Markgraf-Ludwig-Gymnasium in Baden-Baden ablegte.

Nach dem Studium von drei Semestern der Zahnheilkunde an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt setzte ich das Studium an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg fort, wo ich im August 1969 mein zahnärztliches Staatsexamen bestand.

Seither bin ich als zahnärztlicher Assistent in freier Praxis tätig.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
